

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 48 915 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 R 23/10**  
G 01 R 23/16

②① Aktenzeichen: 196 48 915.6  
②② Anmeldetag: 26. 11. 96  
④③ Offenlegungstag: 4. 6. 98

DE 196 48 915 A 1

⑦① Anmelder:  
TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072  
Heilbronn, DE

⑦② Erfinder:  
Zimmerling, Detlef, 74246 Eberstadt, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
MADER, Rainer: Fortschritte in der Entwick-  
lung von Mikrowellenzählern. In: Elektronik,  
1986, Nr.13, S.144-146;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Frequenzumsetzung

⑤⑦ Beschrieben wird ein Verfahren zur Frequenzumsetzung, bei dem ein periodisches Eingangssignal durch Unterabtastung mit einem Abtastsignal in ein bezüglich dem Eingangssignal niederfrequenteres Ausgangssignal frequenzumgesetzt wird. Die Frequenz des Abtastsignals wird dabei mittels eines digitalen Direkt-Synthetisierers vorgegeben, welcher durch ein aus dem Eingangssignal abgeleitetes Taktsignal mit einer zur Frequenz des Eingangssignals proportionalen Frequenz getaktet wird.

DE 196 48 915 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus der Literaturstelle Stadler, Hartmannsgruber: "Meßtechnik", Verlag Senn, Tettnang, 1985, Seiten 55 - 57 bekannt. Bei diesem Verfahren wird eine schnell ansteigende sägezahnförmige Spannung, deren Frequenz gleich der Frequenz des Eingangssignals ist, mit einer langsam ansteigenden weiteren sägezahnförmigen Spannung verglichen. Als Vergleichsergebnis wird ein Abtastsignal erzeugt, welches zu den Zeitpunkten, in denen die schnell ansteigende sägezahnförmige Spannung den Wert der langsam ansteigenden sägezahnförmigen Spannung erreicht, schmale Abtastimpulse aufweist. Mit diesem Abtastsignal wird das Eingangssignal abgetastet. Es handelt sich hierbei um eine Unterabtastung, da die Frequenz des Abtastsignals nicht mindestens um den Faktor 2 größer als die Frequenz des Eingangssignals ist.

Der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens besteht in dem Rücksprung der weiteren sägezahnförmigen Spannung. Aufgrund dieses Rücksprungs setzt sich das durch die Abtastung erzeugte Ausgangssignal aus mehreren aneinandergereihten Kurvenzügen zusammen, wobei jeweils zwei benachbarte Kurvenzüge gegeneinander phasenverschoben sind, d. h. das Ausgangssignal weist an den benachbarten Endpunkten von aneinander angrenzenden Kurvenzügen jeweils einen Phasensprung auf, so daß es nur bereichsweise dem zeitlich gespreizten Eingangssignal entspricht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, mit dem sich Ausgangssignale erzeugen lassen, die keine Phasensprünge aufweisen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß das Abtastsignal mittels eines digitalen Direkt-Synthetisierers, der durch ein aus dem Eingangssignal abgeleitetes Taktsignal angesteuert, d. h. getaktet wird, wobei die Frequenz des Taktsignals zur Frequenz des Eingangssignals proportional ist, kontinuierlich und ohne zeitliche Verzögerung erzeugt werden kann. Die Frequenz des Abtastsignals wird dabei durch den Direkt-Synthetisierer vorgegeben und ist, da der Direkt-Synthetisierer durch das Taktsignal getaktet wird, auch von der Frequenz des Taktsignals abhängig.

Der Direkt-Synthetisierer wird vorzugsweise derart programmiert, daß er als Frequenzteiler mit einem nichtganzzahligen Teilerfaktor wirkt. Die Frequenz des Taktsignals ist demzufolge größer als die Frequenz des Abtastsignals und sie ist zudem keine harmonische Frequenz der Frequenz des Abtastsignals.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens generiert der Direkt-Synthetisierer zunächst ein Oszillatorsignal aus dem ein Impulsformer das Abtastsignal erzeugt.

Das erfindungsgemäße Verfahren vereinigt mehrere Vorteile in sich:

- Es läßt sich bestens zur Messung eines hochfrequenten Eingangssignals einsetzen, da die Frequenz des Ausgangssignals durch eine geeignete Programmierung des Direkt-Synthetisierers auf einen Frequenzwert eingestellt werden kann, der im zulässigen Frequenzbereich eines zur Messung verwendeten Meßgerätes liegt. Die Messung des Eingangssignals wird dann auf eine Messung des Ausgangssignals zurückgeführt.

- Es ist zur Spektralanalyse des Eingangssignals einsetzbar, da das Ausgangssignal keine durch die Abtastung bedingte Phasensprünge aufweist und das Frequenzspektrum des Ausgangssignals demzufolge dem Frequenzspektrum des Eingangssignals entspricht.

- Es eignet sich bestens zur Messung von durch Frequenzmodulation oder Phasenrauschen gestörten Eingangssignalen, da die Periode des Abtastsignals bei einem frequenzmodulierten Eingangssignal aufgrund des als Frequenzteiler wirkenden Direkt-Synthetisierers derart variiert wird, daß beim frequenzmodulierten Eingangssignal die gleichen Signalwerte wie beim unmodulierten, d. h. ungestörten, Eingangssignal abgetastet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figur, die als Ausführungsbeispiel eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt, näher beschrieben.

Gemäß der Figur wird das Eingangssignal  $U_E$  dem Eingang E eines Leistungsteilers LT und über den Leistungsteiler LT dem Abtast-Halte-Glied AH und der Taktableiteinheit TA zugeführt. Die Taktableiteinheit TA erzeugt aus dem Eingangssignal  $U_E$ , beispielsweise durch Verstärkung und Impulsformung, das Taktsignal  $U_T$ , welches dem Takteingang TE des digitalen Direkt-Synthetisierers DS zugeführt wird und die Zeitbasis des Direkt-Synthetisierers DS vorgibt. In der Taktableiteinheit TA kann des weiteren, falls die Frequenz  $f_E$  des Eingangssignals  $U_E$  die maximal zulässige Taktfrequenz des Direkt-Synthetisierers DS überschreitet, eine Frequenzteilung der Frequenz  $f_E$  des Eingangssignals  $U_E$  um einen ganzzahligen Faktor  $N_1$  vorgenommen werden. Der Direkt-Synthetisierer DS erzeugt aus dem Taktsignal  $U_T$  das Oszillatorsignal  $U_O$ , dessen Frequenz  $f_O$  kleiner als die Frequenz  $f_T$  des Taktsignals  $U_T$  ist. Der Kurvenverlauf des Oszillatorsignals  $U_O$  läßt sich dabei durch eine Reihe von digitalen Datenwörtern vorgegeben, welche vom Direkt-Synthetisierer DS, beispielsweise durch Auslesen eines Speichers und/oder durch Berechnung nach einem bestimmten Algorithmus, generiert werden. Die Datenwörter werden nacheinander in einem durch die Frequenz  $f_T$  des Taktsignals  $U_T$  festgelegten zeitlichen Abstand generiert und stellen jeweils denjenigen Wert des Oszillatorsignals  $U_O$  dar, den dieses zu dem Zeitpunkt, in dem das jeweilige Datenwort generiert wird, aufweist. Eine Analog-Digital-Wandlung der Reihe von Datenwörtern und ggf. eine anschließende Glättung des durch die Analog-Digital-Wandlung erzeugten Signals liefert dann den gewünschten Kurvenverlauf des Oszillatorsignals  $U_O$ . Der Direkt-Synthetisierer DS wirkt als Frequenzteiler mit einem das Verhältnis aus der Frequenz  $f_T$  des Taktsignals  $U_T$  zur Frequenz  $f_O$  des Oszillatorsignals  $U_O$  darstellenden nichtganzzahligen Teilerfaktor. Das Oszillatorsignal  $U_O$  wird dem Impulsformer IF zugeführt, der daraus das zum Oszillatorsignal  $U_O$  frequenzgleiche Abtastsignal  $U_A$  erzeugt. Das Verhältnis aus der Frequenz  $f_A$  des Abtastsignals  $U_A$  zur Frequenz  $f_E$  des Eingangssignals  $U_E$  ist demzufolge ein nichtganzzahliger Faktor, der größer als 1 ist. Das Abtastsignal  $U_A$  weist eine Vielzahl schmaler Abtastimpulse auf, deren Breite deutlich schmaler, beispielsweise ca. 10 mal schmaler, als die Periode des Eingangssignals  $U_E$  ist und von denen die jeweils benachbarten Abtastimpulse um eine Periode  $f_A^{-1}$  des Abtastsignals  $U_A$  zeitlich voneinander beabstandet sind. Das Eingangssignal  $U_E$  wird im Abtast-Halte-Glied AH, das durch das Abtastsignal  $U_A$  angesteuert wird, zu Abtastzeitpunkten, die durch die Abtastimpulse des Abtastsignals  $U_A$  festgelegt werden, abgetastet. Das Abtast-Halte-Glied AH liefert dann als Ergebnis das Ausgangssignal  $U_M$ , dessen

Frequenz  $f_M$  kleiner als die Frequenz  $f_E$  des Eingangssignals  $U_E$  ist und dessen Kurvenverlauf dem zeitlich gespreizten Eingangssignal  $U_E$  entspricht. Das Eingangssignal  $U_E$  kann daher mit dem Abtast-Halte-Glied AH nachgeschalteten Meßgeräten durch Messung des Ausgangssignals  $U_M$  gemessen werden. Zwischen Abtast-Halte-Glied AH und Meßgeräte kann zusätzlich ein Tiefpaßfilter TP zur Glättung des Ausgangssignals  $U_M$  geschaltet sein.

## Patentansprüche

10

1. Verfahren zur Frequenzumsetzung, bei dem ein periodisches Eingangssignal ( $U_E$ ) durch Unterabtastung mit einem Abtastsignal ( $U_A$ ) in ein bezüglich dem Eingangssignal ( $U_E$ ) niederfrequenteres Ausgangssignal ( $U_M$ ) frequenzumgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz ( $f_A$ ) des Abtastsignals ( $U_A$ ) mittels eines digitalen Direkt-Synthetisierers (DS) vorgegeben wird, welcher durch ein aus dem Eingangssignal ( $U_E$ ) abgeleitetes Taktsignal ( $U_T$ ) mit einer zur Frequenz ( $f_E$ ) des Eingangssignals ( $U_E$ ) proportionalen Frequenz ( $f_T$ ) getaktet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Direkt-Synthetisierer (DS) derart programmiert wird, daß er als Frequenzteiler mit nichtganzzahligen Teilerfaktor wirkt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Direkt-Synthetisierer (DS) ein Oszillatorsignal ( $U_O$ ) generiert, aus dem ein Impulsformer (IF) das Abtastsignal ( $U_A$ ) erzeugt.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Messung von hochfrequenten Eingangssignalen ( $U_E$ ) verwendet wird.

35

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

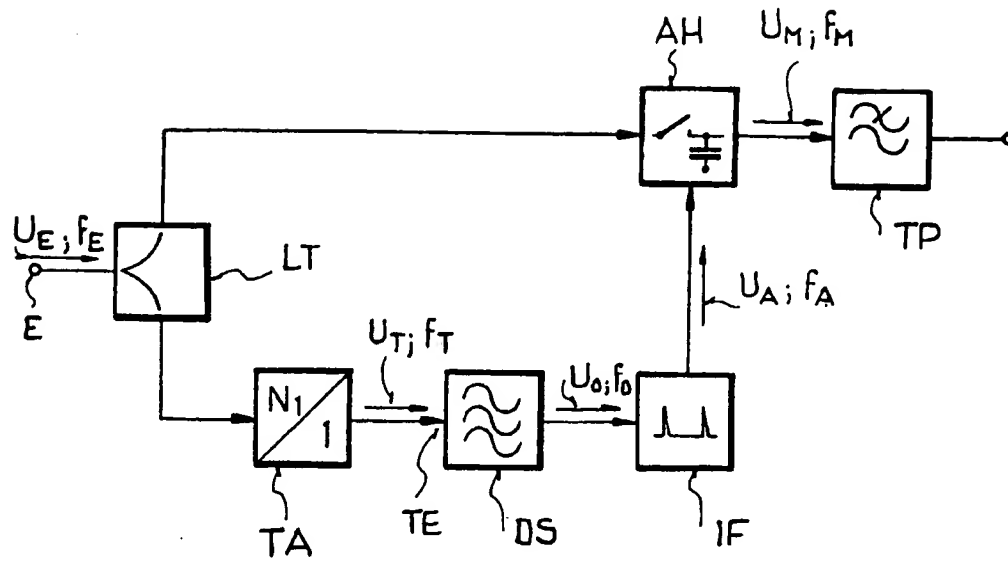


FIG.

PTO 2004 - 1793

German Patent

Document No. DE 196 48 915 A 1

**PROCESS OF FREQUENCY CONVERSION**

(Verfahren zur Frequenzumsetzung)

Detlef Zimmerling

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Washington, D.C.

December 2003

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

INCLUDE WITH PAPER #7

Country : Federal Republic of Germany

Document No. : DE 196 48 915 A 1

Document Type : Document laid open (first  
publication without search  
report)

Language : German

Inventor : Detlef Zimmerling

Applicant : TEMIC TELEFUNKEN microelectronic  
GmbH 74072 Heilbronn, Federal  
Republic of Germany

IPC : G 01 R 23 / 10

Application Date : November 26, 1996

Publication Date : June 4, 1998

Foreign Language Title : Verfahren zur Frequenzumsetzung

English Title : PROCESS OF FREQUENCY CONVERSION

A procedure for conversion of frequency has been described, using which a periodic input signal is converted into an output signal of a frequency lower compared to that of the input signal. This is done by under-sampling the input signal with the help of a sampling signal. The frequency of the sampling signal is specified by means of a digital direct synthesiser, which is adjusted to a frequency that is proportional to that of the input signal, the time signal being derived from the input signal. /1<sup>1</sup>

#### Description

The invention concerns a procedure stated in the title of the first claim of the patent. Such a procedure has been described on pages 55 - 57 in the literature titled "Measuring techniques" authored by Stadler and Hartmannsgruber and published by Senn, Tettnang in 1985.

In this procedure, a rapidly increasing saw tooth voltage having the same frequency as that of the input signal is compared with a slowly increasing saw toothed voltage. The result of the comparison produces a sampling signal. Each time the rapidly increasing saw tooth voltage attains a value equal to that of the slowly increasing saw toothed voltage, this sampling signal shows a narrow sampling impulse. The input

---

<sup>1</sup>Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

signal is scanned with the help of this sampling signal. Here it is a case of under-sampling the signal because the frequency of the sampling signal is less than twice that of the input signal.

The major disadvantage of such a procedure is felt when there is a kickback in the progressing saw toothed voltage. Based on this kickback in the voltage, the output signal produced by the sampling is put together by several lines of curves in a row. However, two neighboring curves are displaced opposite to each other, that is the output signal indicates a shift in the phase at the terminal points of the adjacent curves, such that it corresponds to an input signal showing waves with longer time intervals.

As has been mentioned in the title of the first claim of the patent, the invention aims at determining the procedure of producing an output signal without showing any shifts in phase.

According to the description of the invention, the problem is solved by the characteristic features of the first claim of the patent. The sub claims may result in further designs and developments. The invention is based on the understanding that sampling signal can be produced consistently and without any time lag by means of a digital direct - synthesiser. The synthesiser is clocked in pulses by the timing signal that is derived from the input signal, the frequency of the sampling signal being proportional to that of the input signal. The



frequency of the sampling signal is specified by the digital direct - synthesiser and is at the same time, dependent on the frequency of the sampling signal because it is the sampling signal that clocks the direct - synthesiser in pulses.

The direct - synthesiser is programmed in such a manner that it operates as a frequency divider with a non-integer division factor. As a result, the frequency of the timing signal is higher than that of the sampling signal and neither is it the harmonic frequency of the sampling signal.

In a more popular design of the procedure, the direct - synthesiser first generates an oscillator signal from which the sampling signal is produced by the pulse wave former.

The procedure described in the invention has several advantages, which may be summarized as under:

- It is used particularly for measuring high frequency input signals accurately since a suitably programmed direct - synthesiser enables adjustment of the frequency of the output signal to a value that lies in the permissible range of measurement for the measuring device used. Measurement of the input signal is then reduced to measurement of the output signal.
- It is also used for the spectroscopic analysis of the input signal because the output signal does not show any jumps in the phase caused because of the sampling. As a result, the frequency spectrum of the output signal

corresponds to the frequency spectrum of the input signal.

- It is particularly suitable for measurement of the input signals disturbed by frequency modulation or by phase jitters, because in case of frequency modulated input signals, the interval of the output signal may vary depending on the direct - synthesiser operating as a frequency divider. This variation in the interval may be such that the values of the input signal sampled in the case of frequency - modulated input signals and those sampled in the case of unmodulated that is undisturbed input signals may be the same.

With reference to the figure, the following is a detailed description of the invention. The figure serves as an example of the design of the circuit.

According to the figure, the input signal  $U_E$  is supplied to the input E of a power divider LT and to the sample-holder AH via the power divider LT. The input signal  $U_E$  is also supplied to the time extraction unit TA. The time extraction unit TA produces the timing signal  $U_T$  from the input signal  $U_E$  by amplification and pulse shaping. The timing signal  $U_T$  is fed to the time input TE of the digital direct - synthesiser DS and is the default time base of the digital direct - synthesiser DS. In case the frequency  $f_E$  of the input signal  $U_E$  exceeds the maximum permissible clock frequency of the digital direct -

synthesiser DS, the frequency  $f_E$  of the input signal  $U_E$  can be divided in the time extraction unit TA by an integral factor  $N_1$ . The digital direct - synthesiser DS produces the oscillator signal  $U_0$  from the timing signal  $U_T$ . The frequency  $f_0$  of this oscillator signal  $U_0$  is lower than the frequency  $f_T$  of the timing signal  $U_T$ . The progression of graph of the oscillator signal  $U_0$  is specified by a range of data elements, which are read out from the memory by the digital direct - synthesiser DS and / or calculated according to a specific algorithm. The data elements are generated in succession as per the time interval specified by the frequency  $f_T$  of the timing signal  $U_T$  and these elements represent the value of the oscillator signal  $U_0$  shown at the time the data element is generated. An transition of the series of data elements from analog to digital and if necessary, followed by a smoothing of the signals generated by the transition from analog to digital gives the desired progression of graph of the oscillator signal  $U_0$ . The digital direct - synthesiser DS operates as a frequency divider with a non-integer division factor of the frequency  $f_T$  of the timing signal  $U_T$  to the frequency  $f_0$  of the oscillator signal  $U_0$ . The oscillator signal  $U_0$  is fed to the pulse wave former IF, which then produces a sampling signal  $U_A$  having the same frequency as the oscillator signal  $U_0$ . As a result, the ratio of the frequency  $f_A$  of the sampling signal  $U_A$  to the frequency  $f_E$  of the input signal  $U_E$  is a non-integral factor greater than 1. The sampling signal  $U_A$  shows a large

number of sampling pulses with widths that are clearly smaller, that is to say, practically ten times smaller than the interval of the input signal  $U_E$ . Every sampling pulse is separated from the neighboring sampling pulses by a time interval of  $f_A^{-1}$  of the sampling signal  $U_A$ . The input signal  $U_E$  is sampled in the sample - holder AH, which is driven by the sampling signal  $U_A$  intermittently at times specified by the sampling pulses of the sampling signal  $U_A$ . The sample-holder AH then gives the resulting output signal  $U_M$ . The frequency/3 of the output signal  $f_M$  is lower than the frequency  $f_E$  of the input signal  $U_E$  and the progression of the wave in terms of time, corresponds to the input signal  $U_E$  showing waves with longer time intervals. Hence, the input signal  $U_E$  can be measured by measuring the output signal  $U_M$  with the help of the sample -holder AH and the other downstream equipment. In addition, a low pass filter TP for smoothing the output signal  $U_M$  may be connected between the sample - holder AH and the measuring devices.

#### Patent Claims

1. The procedure for conversion of frequency in which a periodic input signal ( $U_E$ ) is converted into an output signal ( $U_M$ ) of a frequency lower than that of the input signal ( $U_E$ ) by under-sampling the input signal ( $U_E$ ) with the help of a sampling signal ( $U_A$ ) is characterized by the fact that frequency  $f_A$  of the sampling signal  $U_A$  is

specified by the digital direct - synthesiser DS, which is clocked in pulses by the timing signal ( $U_T$ ) that is derived from the input signal ( $U_E$ ), the frequency of the timing signal ( $f_T$ ) being proportional to the frequency ( $f_E$ ) of the input signal ( $U_E$ ).

2. Procedure described in claim 1 is characterized by the fact that the direct synthesiser (DS) is programmed in such a manner that it operates as a frequency divider with a non-integer division factor.
3. The procedure as per claims 1 or 2 is characterized by the fact that the direct synthesiser (DS) generates an oscillator signal ( $U_0$ ) from which the sampling signal ( $U_A$ ) is produced by the pulse wave former (IF).
4. The procedure as per one of the claims above, is characterized by the fact that the procedure described can be used for measurement of high frequency input signals ( $U_E$ ).

-----  
There is one page of figures for this text  
-----

/4

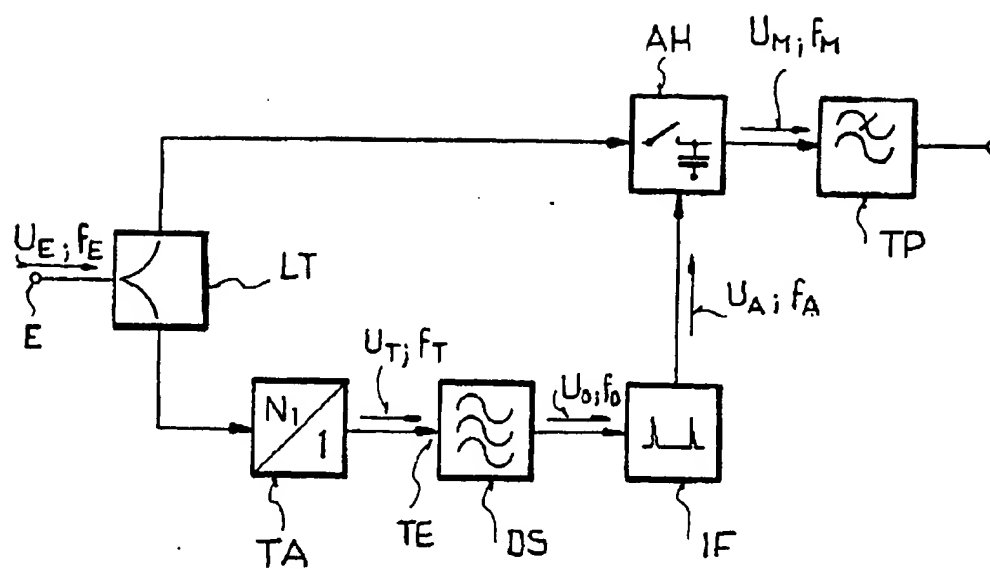


FIG.